

**19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

**Offenlegungsschrift**  
**DE 199 53 170 A 1**

②1 Aktenzeichen: 199 53 170.6  
 ②2 Anmeldetag: 4. 11. 1999  
 ④3 Offenlegungstag: 17. 5. 2001

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**F 15 B 11/02**  
F 04 B 49/00  
// E02F 9/22

**DE 199 53 170 A 1**

⑦ Anmelder:  
Brüeninghaus Hydromatik GmbH, 89275 Elchingen,  
DE

**74) Vertreter:**  
Mitscherlich & Partner, Patent- und Rechtsanwälte,  
80331 München

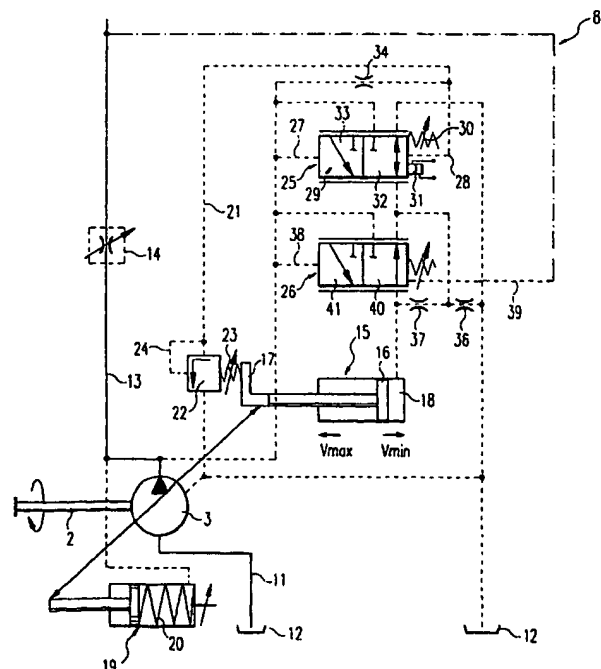
⑦2 Erfinder:  
Bracht, Detlef von, 72160 Horb, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

**Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt**

⑤4 Leistungsregelvorrichtung und Ventilblock für eine Leistungsregelvorrichtung

57 Die Erfindung betrifft eine Leistungsregelvorrichtung für eine Hydropumpe (3), deren Verdrängungsvolumen mittels einer Verstellereinrichtung (15) verstellbar ist. Ein Leistungsregelventil (22) ist in einer mit einem Hydraulikfluid-Tank (12) verbundenen Leistungsregelleitung (21) angeordnet. Das Leistungsregelventil (22) öffnet die Leistungsregelleitung (21) zu dem Druckfluid-Tank (12), wenn die vom den Druck stromaufwärts des Leistungsregelventils (22) erzeugte Kraft größer als eine Rückstellkraft ist, die die Verstellereinrichtung (15) mit zunehmender Verstellung in Richtung auf minimales Verdrängungsvolumen ( $V_{\min}$ ) auf das Leistungsregelventil (22) ausübt. Ferner ist ein Steuerventil (25) vorgesehen, welches in Abhängigkeit von der Differenz zwischen dem Arbeitsdruck in einer Arbeitsleitung (13) der Hydropumpe (3) und dem Druck stromaufwärts des Leistungsregelventils (22) die Verstellereinrichtung (15) mit Stelldruck beaufschlagt. Das Steuerventil (25) ist mittels eines Stellglieds (31) mit einer variablen Zusatzkraft beaufschlagbar.



**DE 199 53 170 A 1**

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Leistungsregelvorrichtung für eine Hydropumpe, deren Verdrängungsvolumen mittels einer Verstelleinrichtung verstellbar ist. Ferner betrifft die Erfindung einen Ventilblock für eine solche Leistungsregelvorrichtung.

Eine Leistungsregelvorrichtung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 ist aus der EP 0 826 110 B1 bekannt. Die aus dieser Druckschrift hervorgehende Leistungsregelvorrichtung gliedert sich in ein Leistungsregelventil und ein nachgeordnetes Steuerventil. Das Leistungsregelventil ist über eine Koppelfeder mit dem Gestänge der Verstelleinrichtung zum Verstellen des Verdrängungsvolumens der Hydropumpe verbunden und befindet sich in einer mit einem Hydraulikfluid-Tank verbundenen Leistungsregelleitung. Das Leistungsregelventil wird von der Kraftdifferenz zwischen einer durch den Druck in der Leistungsregelleitung stromaufwärts des Leistungsregelventils hervorgerufenen Stellkraft und einer von der Verstellvorrichtung über die Kopplungsfeder hervorgerufenen Rückkopplungskraft beaufschlagt. Bei der Rückkopplungsfeder kann es sich um ein Federpaket handeln, so daß die Regelcharakteristik des Leistungsregelventils nicht linear ist und einer Leistungshyperbel angenähert ist. Übersteigt der in der Leistungsregelleitung herrschende Druck den durch die Vorspannung der Kopplungsfeder in Abhängigkeit von dem eingestellten Verdrängungsvolumen variabel vorgegebenen Schwellwert, so öffnet das Leistungsregelventil die Leistungsregelleitung zu dem Hydraulikfluid-Tank hin. Je kleiner das von der Verstelleinrichtung eingestellte Verdrängungsvolumen der Hydropumpe ist, je größer ist der in der Leistungsregelleitung von dem Leistungsregelventil maximal eingestellte Druck. Idealerweise ist bei Verwendung eines geeigneten Federpakets für die Kopplungsfeder das Produkt aus eingeregelter Maximaldruck und dem von der Verstellvorrichtung eingestelltem Verdrängungsvolumen, also die hydraulische Leistung, entsprechend einer vorgegebenen Leistungshyperbel annähernd konstant. Der von dem Leistungsregelventil in der Leistungsregelleitung eingeregelter Druck wird an einem Steuerventil mit dem in der Arbeitsleitung der Hydropumpe herrschenden Arbeitsdruck verglichen. Übersteigt der in der Arbeitsleitung herrschende Arbeitsdruck den von der Leistungsregelleitung in Abhängigkeit von dem eingestellten Verdrängungsvolumen vorgegebenen Maximaldruck, so erhöht das Steuerventil den der Verstelleinrichtung zugeführten Stelldruck und schwenkt damit die Hydropumpe auf ein geringeres Verdrängungsvolumen zurück. Auf diese Weise wird eine Leistungsbegrenzung erzielt.

Wenn in der Arbeitsleitung eine Förderstromdrossel vorhanden ist, kann mit dem Steuerventil gleichzeitig eine Förderstromregelung in der Weise vorgenommen werden, daß in dem Regelbereich, bei welchem die Maximalleistung nicht erreicht ist, die Hydropumpe auf einen konstanten Förderstrom eingeregelt ist.

In der Praxis besteht das Bedürfnis, die von der Leistungsregelvorrichtung begrenzte Maximalleistung in Abhängigkeit von der Betriebssituation variabel vorzugeben. Wenn beispielsweise mit einem dem Antrieb dienenden Verbrennungsmotor mehrere Hydropumpen verbunden sind, wobei beispielsweise eine Hydropumpe für den hydrostatischen Fahrtrieb und eine weitere Hydropumpe zum Betrieb der Arbeitshydraulik dient, muß sichergestellt werden, daß beim Betrieb der unterschiedlichen hydraulischen Komponenten, beispielsweise Fahrtrieb und Arbeitshydraulik, die Maximalleistung des Verbrennungsmotors nicht überschritten wird. Sind beide hydraulischen Komponenten, beispielsweise der Fahrtrieb und die Arbeitshydraulik, in Be-

trieb, so muß die Maximalleistung zumindest einer der Hydropumpen der beiden hydraulischen Komponenten abgesenkt werden. Wenn beispielsweise sich ein Baggerlader im Bagger-Standbetrieb befindet, kann der Arbeitshydraulik eine höhere Maximalleistung zugeteilt werden als im Laderbetrieb, bei welchem sowohl der hydrostatische Fahrtrieb als auch die Arbeitshydraulik in Betrieb sind. Im Laderbetrieb muß die von der zugeordneten Hydropumpe abgegebene Maximalleistung entsprechend begrenzt werden.

Bei der aus der EP 0 826 110 B1 hervorgehende Leistungsregelvorrichtung sind Maßnahmen zur variablen Einstellung der begrenzenden Maximalleistung nicht vorgesehen. Da die Leistungsregelung und die Förderstromregelung über ein gemeinsames Steuerventil erfolgt, würden sich Maßnahmen zur Veränderung der eingestellten Maximalleistung gleichzeitig auf die Regelcharakteristik zur Regelung des Förderstroms auswirken.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, eine Leistungsregelvorrichtung für eine Hydropumpe mit variablem Verdrängungsvolumen bei welcher die begrenzte Maximalleistung variabel einstellbar ist, sowie einen Ventilblock für eine solche Leistungsregelvorrichtung zu schaffen.

Die Aufgabe wird bezüglich der Leistungsregelvorrichtung durch die Merkmale des Anspruchs 1 und bezüglich des Ventilblocks für die Leistungsregelvorrichtung durch die Merkmale des Anspruchs 9 gelöst.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß durch Beaufschlagen des Steuerventils mit einer variablen Zusatzkraft durch ein geeignetes Stellglied die von dem Steuerventil in Verbindung mit dem Leistungsregelventil begrenzte Maximalleistung variabel verstellbar werden kann. Durch eine elektronische Steuereinheit kann das Stellglied, das beispielsweise durch einen Elektromagneten verkörpert sein kann, in geeigneter Weise angesteuert werden, so daß die Maximalleistung in Abhängigkeit von der Betriebssituation verändert werden kann.

Der Ventilkolben des Steuerventils kann zusammen mit dem Stellglied, beispielsweise dem Elektromagneten, in einem kompakten Ventilblock integriert werden. Der Ventilkolben kann dabei durch die Druckdifferenz zwischen zwei Druckkammern angesteuert werden, die jeweils den Ventilkolben an einer Druckbeaufschlagungsfläche, beispielsweise an den beiden Stirnflächen des Ventilkolbens, beaufschlagen. Die Zulaufdrossel kann in dem Ventilblock integriert werden, indem sie die beiden Druckkammern gedrosselt miteinander verbindet.

Die Unteransprüche 2 bis 8 beinhalten vorteilhafte Weiterbildungen der Leistungsregelvorrichtung.

Es ist insbesondere vorteilhaft, die Zulaufdrossel in dem Steuerventil, insbesondere in dem Ventilkolben des Steuerventils, zu integrieren. Dadurch ergibt sich eine besonders kompakte und störungsunanfällige Bauweise.

Neben dem Leistungsregelventil und dem Steuerventil für die Leistungsbegrenzung ist vorteilhaft ein Förderstromregelventil vorgesehen, das den von dem Steuerventil eingestellten Stelldruck übersteuert. Die Funktionen der Leistungsregelung und der Förderstromregelung sind unterschiedlichen Ventilen zugewiesen. Dadurch kann auf den Ventilkolben des Steuerventils für die Leistungsregelung in der erfindungsgemäßen Weise einer Zusatzkraft zur Veränderung der eingestellten Maximalleistung ausgeübt werden, ohne das dadurch die Regelcharakteristik für die Förderstromregelung beeinflusst wird.

Die Unteransprüche 10 bis 16 beinhalten vorteilhafte Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Ventilblocks.

Die Zulaufdrossel kann als Bohrung in dem Ventilkolben ausgebildet sein. Dadurch ergibt sich eine besonders einfache

che und kostengünstige Bauweise.

Das Förderstromregelventil und das Steuerventil für die Leistungsregelung können in einem gemeinsamen Ventilblock untergebracht sein, wodurch sich ebenfalls eine besonders kompakte Bauweise ergibt. Insbesondere können sämtliche Verbindungskanäle in dem Ventilblock integriert sein, so daß der Ventilblock insgesamt nur über 5 Anschlüsse, nämlich einen Arbeitsdruckanschluß, einen Stelldruckanschluß, einen Tankanschluß, einen Leistungsregelanschluß und einen Förderstromregelanschluß verfügt. Entlastungsdröseln für den Stelldruckanschluß und den Verbindungskanal zwischen dem Steuerventil und dem Förderstromventil können ebenfalls in dem Ventilblock integriert sein.

Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher beschrieben. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 ein hydraulisches Prinzipschaltbild eines Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Leistungsregelvorrichtung,

Fig. 2 ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Ventilblocks für eine erfindungsgemäße Leistungsregelvorrichtung,

Fig. 3 ein hydraulisches Ersatzschaltbild des in Fig. 2 gezeigten erfindungsgemäßen Ventilblocks und

Fig. 4 ein hydraulisches und elektrisches Prinzipschaltbild zur Erläuterung einer Anwendung der erfindungsgemäßen Leistungsregelvorrichtung.

Bevor anhand der Fig. 1 bis 3 ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Leistungsregelvorrichtung und eines dafür geeigneten erfindungsgemäßen Ventilblocks näher beschrieben wird, soll zunächst kurz anhand von Fig. 4 eine Anwendung der erfindungsgemäßen Leistungsregelvorrichtung aufgezeigt werden.

Das in Fig. 4 dargestellte Prinzipschaltbild trifft beispielsweise für einen Baggerlader zu. Eine Brennkraftmaschine 1, beispielsweise ein Dieselmotor, treibt über eine Welle 2 eine erste verstellbare Hydropumpe 3 und eine zweite verstellbare Hydropumpe 4 an. Während die in Fig. 4 dargestellte erste Hydropumpe 3 in einem offenen Hydraulikkreislauf betrieben wird und eine Arbeitshydraulik 5 beispielsweise zur Betätigung einer Baggerschaufel versorgt, wird die zweite Hydropumpe 4 zusammen mit zumindest einem Hydromotor 6 im dargestellten Beispiel in einem geschlossenen Hydraulikkreislauf betrieben. Der Hydromotor 6 treibt ein Fahrzeugrad 7 an. Das Verdrängungsvolumen der ersten Hydropumpe 3 ist über eine erste Verstelleinheit 8 verstellbar, die eine erste erfindungsgemäße Leistungsregelvorrichtung beinhaltet. Dagegen ist das Verdrängungsvolumen der zweiten Hydropumpe 4 über eine erfindungsgemäße zweite Verstelleinheit 9 verstellbar, die ebenfalls eine erfindungsgemäße Leistungsregelvorrichtung beinhaltet.

Am Beispiel eines Baggerladers lassen sich die unterschiedlichen Betriebssituationen verdeutlichen. In einem Baggerstandbetrieb steht der Baggerlader und der aus der Hydropumpe 4 und im Hydromotor 6 bestehende hydrostatische Fahrtrieb ist nicht in Betrieb. Vorausgesetzt, daß die Maximalleistung der ersten Hydropumpe 3 mindestens so groß ist, wie die zulässige Gesamtleistung  $P_{ges}$  der Brennkraftmaschine 1, kann der ersten Hydropumpe 3 in diesem Betriebszustand die volle Gesamtleistung  $P_{ges}$  der Brennkraftmaschine 1 zugeteilt werden. In einem Laderbetrieb hingegen, bei welchem sowohl der Fahrtrieb bestehend aus der zweiten Hydropumpe 4 und dem Hydromotor 6 als auch die Arbeitshydraulik 5 in Betrieb sind, muß die von der Brennkraftmaschine 1 zur Verfügung gestellte Gesamtleistung  $P_{ges}$  zwischen der ersten Hydropumpe 3 und der zweiten Hydropumpe 4 aufgeteilt werden, um eine Überlastung

der Brennkraftmaschine 1 zu vermeiden. Mit bisher üblichen Leistungsregelvorrichtungen ist eine solche Leistungsverteilung nicht möglich, da diese Leistungsregelvorrichtungen auf eine feste, nicht variable Maximalleistung, auf welche die Leistung der zugeordneten Hydropumpe begrenzt wird, fest eingestellt werden. Mit einer erfindungsgemäßen Leistungsregelvorrichtung wird es ermöglicht werden, die Leistungsregelvorrichtungen in den beiden Verstelleinheiten 8 und 9 beispielsweise durch ein von einem elektrischen Steuergerät 10 erzeugtes Steuersignal so anzusprechen, daß die eingestellte Maximalleistung veränderbar ist. Die Zuordnung der Maximalleistung  $P_1$  für die erste Hydropumpe 3 und der Maximalleistung  $P_2$  für die zweite Hydropumpe 4 erfolgt dabei in der Weise, daß die Summe der beiden Einzelleistungen  $P_1 + P_2$  kleiner als die zulässige Gesamtleistung  $P_{ges}$  der Brennkraftmaschine 1 ist.

Fig. 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Leistungsregelvorrichtung, welche eine Variation der begrenzenden Maximalleistung erlaubt.

Die Hydropumpe 3 wird über die Welle 2 beispielsweise von der Brennkraftmaschine 1 angetrieben, saugt Hydraulikfluid über eine Saugleitung 11 aus einem Hydraulikfluid-Tank 12 an und fördert das Hydraulikfluid in eine Arbeitsleitung 13, in welcher eine Förderstromdrösel 14 angeordnet ist. Das Verdrängungsvolumen der Hydropumpe 3 ist über eine Verstelleinrichtung 15 verstellbar. Die Verstelleinrichtung 15 besteht aus einem Stellkolben 16, welcher mit einem Gestänge 17 verbunden ist und durch den in einer Stellkammer 18 herrschenden Stelldruck beaufschlagt wird. Die Verstelleinrichtung 15 umfaßt ferner eine Rückstelleinrichtung 19 mit einer Rückstellfeder 20. Sofern in der Stellkammer 18 kein Stelldruck herrscht, schwenkt die Rückstellfeder 20 die Hydropumpe 3 auf maximales Verdrängungsvolumen  $V_{max}$  aus. Mit zunehmendem Stelldruck in der Stellkammer 18 wird die Hydropumpe 3 in Richtung auf minimales Verdrängungsvolumen  $V_{min}$  zurückgeschwenkt.

In einer Leistungsregelung 21 befindet sich ein im Ausführungsbeispiel als Überdruckventil ausgebildetes Leistungsregelventil 22. Das Leistungsregelventil 22 ist über eine vorzugsweise einstellbare Kopplungsfeder 23 mit dem Gestänge 17 der Verstelleinrichtung 15 verbunden. Die Kopplungsfeder 23 besteht vorzugsweise aus einem Federpaket mit mehreren Federn unterschiedlicher Federkonstante, so daß das Kraft-Weg-Diagramm der Kopplungsfeder 23 nicht einen linearen, sondern einen progressiven Verlauf hat. Mit zunehmender Rückschwenkung des Verdrängungsvolumens der Hydropumpe 3 in Richtung auf minimales Verdrängungsvolumen  $V_{min}$  überträgt das Gestänge 17 der Verstellvorrichtung 15 eine zunehmend größere Kraft auf das Leistungsregelventil 22.

Wenn eine von dem Druck stromaufwärts des Leistungsregelventils 22 in der Leistungsregelung 21 über die Umwegleitung 24 hervorgerufene Gegenkraft größer als die durch die Vorspannung der Kopplungsfeder 23 hervorgerufene Kraft ist, so öffnet das Leistungsregelventil 22 die Leistungsregelung 21 zu dem Hydraulikfluid-Tank 12 hin. Diese Öffnung erfolgt solange, bis der Druck in der Leistungsregelung 21 soweit abgebaut ist, daß ein Kräftegleichgewicht zwischen der durch die Kopplungsfeder 23 ausgeübten Kraft und der von dem Druck in der Leistungsregelung 21 ausgeübten Gegenkraft besteht. Der in der Leistungsregelung 21 maximal herrschende Druck ist folglich um so höher, je weiter die Verstellvorrichtung 15 das Verdrängungsvolumen der Hydropumpe 3 in Richtung auf minimales Verdrängungsvolumen  $V_{min}$  zurückgeschwenkt hat. Bei Verwendung einer Kopplungsfeder 23 mit progressivem Verlauf der Kraft-Weg-Charakteristik ergibt sich ein hyperbolischer Zusammenhang zwischen dem in

der Leistungsregelleitung herrschenden Druck und dem von der Verstelleinrichtung 15 eingestellten Verdrängungsvolumen, so daß das Produkt aus Druck und Verdrängungsvolumen, d. h. die maximale hydraulische Leistung, konstant ist.

Das Leistungsregelventil 22 arbeitet mit einem Steuerventil 25 zusammen, welchem erfindungsgemäß ausschließlich die Funktion der Leistungsbegrenzung, nicht jedoch der Förderstromregelung zukommt. Für die Förderstromregelung ist ein separates Förderstromregelventil 26 vorgesehen. Durch das Trennen der Funktionen Leistungsbegrenzung und Förderstromregelung ist es möglich, die eingestellte, begrenzte Maximalleistung zu variieren.

Das Steuerventil 25 ist über eine Verbindungsleitung 27 mit der Arbeitsleitung 13 stromaufwärts der Förderstromdrossel 14 und über eine Verbindungsleitung 28 mit der Leistungsregelleitung 21 stromaufwärts des Leistungsregelventils 22 verbunden. Das Steuerventil 25 ist im dargestellten Ausführungsbeispiel als 3/2-Wegeventil ausgebildet und wird durch die Differenz zwischen dem in der Arbeitsleitung 13 herrschenden Arbeitsdruck und dem in der Leistungsregelleitung 21 stromaufwärts des Leistungsregelventils 22 herrschenden Leistungsregeldruck angesteuert. Auf den Ventilkolben 29 des Steuerventils 25 wirken ferner eine Kraft durch eine vorzugsweise einstellbare ersten Rückstellfeder 30 und eine durch ein Stellglied 31 ausgeübte Zusatzkraft ein. Die von dem Stellglied 31 ausgeübte Zusatzkraft wirkt dabei gleichwirkend mit dem Leistungsregeldruck in der Leistungsregelleitung 21 und entgegen dem Arbeitsdruck in der Arbeitsleitung 13. Das Stellglied 31 ist vorzugsweise als Elektromagnet ausgebildet, insbesondere als ein Proportionalmagnet, dessen Stellkraft der erregenden Stromstärke proportional ist.

Sofern die von dem Arbeitsdruck in der Arbeitsleitung 13 hervorgerufene Kraft kleiner ist als die von dem Leistungsregeldruck, der Rückstellfeder 30 und dem Stellglied 31 hervorgerufenen Gegenkraft, befindet sich ein Ventilkolben 29 des Steuerventils 25 in seiner in Fig. 1 dargestellten ersten Ventilstellung 32 und verbindet die Stellkammer der Verstelleinrichtung 15 über das Förderstromregelventil 26 mit dem Hydraulikfluid-Tank 12. Solange die Leistungsbegrenzung der Leistungsregelvorrichtung nicht anspricht, erfolgt die Regelung des Verdrängungsvolumens der Hydropumpe 3 ausschließlich über das Förderstromregelventil 26.

Übersteigt jedoch die von dem Arbeitsdruck in der Arbeitsleitung 13 hervorgerufene Kraft die von dem Leistungsregeldruck in der Leistungsregelleitung 21, der Rückstellfeder 30 und dem Stellglied 31 hervorgerufene Gegenkraft, so wird das Steuerventil 29 in seine zweite Ventilstellung 33 verschoben, so daß die Arbeitsleitung 13 über das Steuerventil 25 und das Förderstromregelventil 26 mit der Stellkammer 18 der Verstellvorrichtung 15 verbunden wird. Dadurch wird das Verdrängungsvolumen der Hydropumpe 3 in Richtung auf minimales Verdrängungsvolumen  $V_{\min}$  beim Ansprechen der Leistungsregelvorrichtung zurückgeschwenkt. Durch das Zurückschwenken in Richtung auf minimales Verdrängungsvolumen  $V_{\min}$  wird die über die Kopplungsfeder 23 auf das Leistungsregelventil 22 ausgeübte Rückkopplungskraft erhöht. Dies erlaubt einen höheren Leistungsregeldruck in der Leistungsregelleitung 21 stromaufwärts des Leistungsregelventils 22. Die Rückstellung in Richtung auf minimales Verdrängungsvolumen  $V_{\min}$  erfolgt deshalb nur solange, bis ein Gleichgewichtszustand erreicht wird. Grundsätzlich gilt, daß sich dieser Gleichgewichtszustand bei um so kleineren Verdrängungsvolumen des Hydromotors 3 einstellt, je größer der Arbeitsdruck in der Arbeitsleitung 13 ist. Bei geeigneter Charakteristik der Kopplungsfeder 23 läßt sich erreichen, daß das Produkt aus Arbeitsdruck in der Arbeitsleitung 13 und Verdrängungsvolumen

der Hydropumpe 3 auf einen konstanten Maximalwert, d. h. auf die Maximalleistung  $P_1$  in Fig. 4, begrenzt wird.

Der Zulauf zu der Leistungsregelvorrichtung erfolgt über eine Zulaufdrossel 34, welche die Leistungsregelleitung 21 mit der Arbeitsleitung 13 gedrosselt verbindet.

Der von dem Steuerventil 25 erzeugte Stelldruck wird von dem Förderstromregelventil 26 übersteuert. Das Förderstromregelventil 26 ist in einer Stelldruckleitung 35, die sich von dem Steuerventil 25 zu der Stelldruckkammer 18 erstreckt, angeordnet. Das Förderstromregelventil 26 ist im dargestellten Ausführungsbeispiel ebenfalls als 3/2-Wegeventil ausgebildet. Die Stelldruckleitung 35 ist stromaufwärts des Förderstromregelventils 26 über eine erste Entlastungsdrossel 36 mit dem Druckfluid-Tank 12 verbunden. Stromabwärts des Förderstromregelventils 26 ist die Stelldruckleitung 35 bzw. die Stelldruckkammer 18 über eine zweite Entlastungsdrossel 37 mit der ersten Entlastungsdrossel 36 verbunden.

Das Förderstromregelventil 26 ist über eine erste Verbindungsleitung 38 mit der Arbeitsleitung 13 stromaufwärts der Förderstromdrossel 14 und über eine zweite Verbindungsleitung 39 mit der Arbeitsleitung 13 stromabwärts der Förderstromdrossel 14 verbunden. Solange die Leistungsregelvorrichtung bestehend aus dem Leistungsregelventil 22 und dem Steuerventil 25 nicht anspricht, wird das Verdrängungsvolumen der Hydropumpe 3 so eingestellt, daß die Förderstromdrossel 14 von einem konstanten Förderstrom durchströmt wird. Dazu wird das Förderstromregelventil 26 über die Verbindungsleitungen 38 und 39 von dem Druckabfall an der Förderstromdrossel 14 beaufschlagt. Steigt der Druckabfall an der Förderstromdrossel 14 und somit der die Förderstromdrossel 14 durchströmende Förderstrom an, so wird das Förderstromregelventil 26 von seiner ersten Ventilstellung 40 in Richtung auf seine zweite Ventilstellung 41 verschoben, so daß der Stelldruck in der Stelldruckkammer 18 erhöht wird und das Verdrängungsvolumen der Hydropumpe 3 in Richtung auf minimales Verdrängungsvolumen  $V_{\min}$  zurückgeschwenkt wird. Dadurch verringert sich wiederum der durch die Förderstromdrossel 14 strömende Förderstrom und somit der Druckabfall an der Förderstromdrossel 14, so daß sich an dem Förderstromregelventil 26 ein Gleichgewichtszustand einstellt. Der dem angeschlossenen Verbraucher zugemessene Förderstrom ist durch Verändern des Querschnitts der vorzugsweise verstellbaren Förderstromdrossel 14 variierbar.

Dadurch, daß die Regelung des Förderstroms an einem von dem Steuerventil 25 getrennten Förderstromregelventil 26 erfolgt, ist sichergestellt, daß durch eine Veränderung der von dem Stellglied 31 vorgegebenen Maximalleistung  $P_1$  die Charakteristik der Förderstromregelung unbeeinflusst bleibt. Durch die von dem Stellglied 31 erzeugte Zusatzkraft wird das Gleichgewicht zwischen dem Arbeitsdruck und dem Leistungsregeldruck verschoben. Mit zunehmender von dem Stellglied 31 erzeugten Zusatzkraft wird bei gleichem Leistungsregeldruck in der Leistungsregelleitung 21 ein höherer Arbeitsdruck in der Arbeitsleitung 13 benötigt, um das Steuerventil 25 zu betätigen. Folglich wird mit zunehmender, durch das Stellglied 31 aufgebrachtener Zusatzkraft, eine zunehmend höhere Maximalleistung  $P_1$  eingestellt. Wenn das Stellglied 31 als Elektromagnet ausgebildet ist, ist die Maximalleistung  $P_1$ , auf welche die Leistungsregelvorrichtung begrenzt, um so höher, je größer der durch den Elektromagneten fließende Strom ist. Bei einem Stromausfall begrenzt die Leistungsregelvorrichtung deshalb auf die kleinstmögliche Maximalleistung  $P_1$ , wodurch die Betriebssicherheit gewährt ist.

Fig. 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Ventilblocks 50, welches für die erfindungsgemäße Leistungsregelvor-

richtung verwendet werden kann. In dem Ventilblock 50 sind das Steuerventil 25 und das Förderstromregelventil 26 in einer besonders kompakten Bauweise integriert. Fig. 3 zeigt ein hydraulisches Ersatzschaltbild des in Fig. 2 dargestellten Ventilblocks. Wie sich aus einem Vergleich mit Fig. 1 ergibt, entspricht die Bauweise des Ventilblocks der Beschaltung der Ventile 25 und 26 in Fig. 1. Bereits beschriebene Elemente sind deshalb mit übereinstimmenden Bezugszeichen versehen.

Der Ventilblock 50 verfügt über insgesamt fünf Anschlüsse, die auch in Fig. 3 angegeben sind, nämlich einen Arbeitsdruckanschluß P, einen Stelldruckanschluß A, einen Tankanschluß T, einen Leistungsregelanschluß  $X_1$  und einen Förderstromregelanschluß  $X_2$ . Der Leistungsregelanschluß  $X_1$  und der Förderstromregelanschluß  $X_2$  sind aus Fig. 2 nicht zu erkennen.

In einen Grundkörper 51 des Ventilblocks 50 sind eine erste Querbohrung 52 für das Steuerventil 25 und eine zweite dazu parallele Querbohrung 54 für das Förderstromregelventil 26 eingebracht. Die Querbohrungen 52, 53 sind jeweils über einen Gewindestopfen 54 bzw. 55 verschlossen. In die erste Querbohrung 52 ist eine Ventilhülse 57 eingesetzt, in welcher der Ventilkolben 29 des Steuerventils 25 axial bewegbar ist. Der Ventilkolben 29 hat eine erste ringförmige Ausnehmung 56, welche über einen Verbindungskanal 58 mit dem Arbeitsdruckanschluß P verbunden ist. An die ringförmige Ausnehmung 56 schließt sich ein im Durchmesser erweiterter Bereich 59 an, an welchem eine erste Steuerkante 60 ausgebildet ist. Des weiteren hat der Ventilkolben 29 eine zweite ringförmige Ausnehmung 61, welcher über einen Verbindungskanal 62 mit dem Tankanschluß T verbunden ist. An die zweite ringförmige Ausnehmung 61 schließt sich ein im Durchmesser erweiterter Bereich 92 an, an welchem eine zweite Steuerkante 63 ausgebildet ist.

Da der Ventilkolben 29 des Steuerventils 25 in seiner in Fig. 2 dargestellten Ruhestellung durch die erste Rückstellfeder 30 in Fig. 2 nach links verschoben ist, ist die zweite Steuerkante 63 geöffnet und ein Verbindungskanal 64 ist über den Verbindungskanal 62 mit dem Tankanschluß T verbunden. Die ringförmige Ausnehmung 56 ist über eine in dem Ventilkolben 29 ausgebildete Längsbohrung 65 mit einer zwischen einer ersten Druckangriffsfläche 66 und dem Verschlussstopfen 55 ausgebildeten ersten Druckkammer 67 verbunden. Dadurch wird die durch die linke Stirnfläche des Ventilkolbens 29 gebildete Druckangriffsfläche 66 mit dem Arbeitsdruck beaufschlagt. Der über den in Fig. 2 nicht dargestellten Leistungsregelanschluß  $X_1$  einer zweiten Druckkammer 68 zugeführte Leistungsregeldruck greift an einer zweiten Druckbeaufschlagungsfläche 69 an, welche die rechte Stirnfläche des Ventilkolbens 29 bildet. Auf diese Stirnfläche des Ventilkolbens 29 wirkt über einen Federteller 70 ferner die erste Rückstellfeder 30 ein. Die Vorspannung der ersten Rückstellfeder 30 kann durch Verstellen des Federanlagekörpers 71 in dem Aufnahmekörper 72 variiert werden.

Die von dem als Elektromagneten ausgebildeten Stellglied 31 erzeugte Zusatzkraft wird über einen Stößel 73 unmittelbar in den Ventilkolben 29 eingeleitet. Je höher der den als Proportionalmagneten ausgebildeten Elektromagneten durchfließende elektrische Strom ist, desto höher ist die auf den Ventilkolben 29 ausgeübte Zusatzkraft. Der Ventilkolben 29 stellt sich daher so ein, daß die von dem Arbeitsdruck ausgeübte Stellkraft mit der von dem Leistungsregeldruck, der ersten Rückstellfeder 30 und dem Stellglied 31 ausgeübten Gegenkraft im Gleichgewicht steht.

Die Zulaufdrossel 34 ist vorteilhaft in dem Ventilblock 50 zwischen dem Arbeitsdruckanschluß P und der zweiten Druckkammer 68 integriert. Besonders vorteilhaft eignet

sich dazu die Längsbohrung 65 in dem Ventilkolben 29. Die Längsbohrung 65 ist durch eine erste Querbohrung 74 mit der ringförmigen Ausnehmung 56 und somit mit dem Arbeitsdruckanschluß P verbunden. Über eine drosselnde Querbohrung 75 mit geringerem Querschnitt ist die Längsbohrung 65 mit dem zweiten Druckraum 68 verbunden.

Ein zweiter Ventilkolben 76 für das Förderstromregelventil 26 ist im dargestellten Ausführungsbeispiel unmittelbar in die zweite Querbohrung 53 eingesetzt. Der Ventilkolben 76 weist eine erste ringförmige Ausnehmung 77 auf, die über den Verbindungskanal 58 mit dem Arbeitsdruckanschluß P in Verbindung steht. An die erste ringförmige Ausnehmung 77 schließt sich ein Bereich 78 mit erweitertem Durchmesser an, an welchem eine erste Steuerkante 79 ausgebildet ist. An dem Ventilkolben 76 ist ferner eine zweite ringförmige Ausnehmung 80 ausgebildet, welche mit dem Verbindungskanal 64 in Verbindung steht. An die zweite ringförmige Ausnehmung 80 schließt sich ein Bereich 81 mit erweitertem Durchmesser an, an welchem eine zweite Steuerkante 82 ausgebildet ist. In der dargestellten Ruhestellung ist der zweite Ventilkolben 76 durch die zweite Rückstellfeder 42, die in dem dargestellten Ausführungsbeispiel aus zwei Einzelfedern 42a und 42b zusammengesetzt ist, an seinen in Fig. 2 linken Anschlag gedrückt, so daß die zweite Steuerkante 82 geöffnet ist. Die Einzelfedern 42a und 42b der zweiten Rückstellfeder 42 liegen an einem Federteller 83 an, der an dem zweiten Ventilkolben 76 in Anlage gehalten wird. In dem in den Grundkörper 51 eingeschraubten Aufnahmekörper 84 befindet sich eine von außen zugängliche Verstelleinrichtung 85, mit welcher sich die axiale Lage eines zweiten Federtellers 86 und somit die Vorspannung der zweiten Rückstellfeder 42 verändern läßt.

In dem zweiten Ventilkolben 76 befindet sich eine als Sackbohrung ausgeführte Längsbohrung 87, welche an einer zwischen dem Verschlussstopfen 54 und dem zweiten Ventilkolben 76 ausgebildeten dritten Druckkammer 88 ausmündet, so daß die dritte Druckkammer 88 mit dem Arbeitsdruckanschluß P verbunden ist. Der Arbeitsdruck greift dabei an einer ersten Druckbeaufschlagungsfläche 89 des zweiten Ventilkolbens 76 an. Die dem Förderstromregelanschluß  $X_2$  zugeführte Verbindungsleitung 39 ist mit einem vierten Druckraum 90 verbunden, so daß eine zweite Druckbeaufschlagungsfläche 91 des zweiten Ventilkolbens 76 mit dem Leistungsregeldruck beaufschlagt wird. Die Gleichgewichtslage des zweiten Ventilkolbens 76 wird deshalb durch die Differenz zwischen dem Arbeitsdruck und dem Druck an dem Förderstromregelanschluß  $X_2$  bestimmt.

Im Bereich des Verbindungskanals 62 weist der Ventilkolben 76 eine Durchführung 93 auf.

Von dem vierten Druckraum 90 erstreckt sich eine schräge Längsbohrung 94 bis zu dem Stelldruckanschluß A. Diese Längsbohrung 94 ist durch einen Verschlussstopfen 95 unterbrochen, so daß keine direkte Verbindung von dem Tankanschluß T zu dem vierten Druckraum 90 besteht. In dem Durchdringungsbereich zwischen dem Verbindungskanal 64 und der Längsbohrung 94 befindet sich ein Verschlussstopfen 96, in welchem eine Sackbohrung 97 ausgebildet ist. Die Sackbohrung 97 ist über eine erste Querbohrung 98, welche die erste Entlastungsdrossel 36 bildet, mit dem Tankanschluß T verbunden. Ferner ist die Sackbohrung 97 über eine zweite Querbohrung 99, welche die zweite Entlastungsdrossel 37 bildet, mit dem Stelldruckanschluß A verbunden. Durch Verdrehen des Verschlussstopfens 96 kann der Öffnungsquerschnitt, welcher durch Überlappung der Querbohrungen 98 und 99 mit dem Querschnitt der Längsbohrung 94 entsteht, eingestellt werden.

Die Erfindung ist nicht auf das dargestellte Ausführungsbeispiel beschränkt. Insbesondere kann anstatt eines Elek-

tromagneten für das Stellglied auch beispielsweise ein Elektromotor, insbesondere ein Schrittmotor verwendet werden, welcher über eine Gewindespindel die Vorspannung der ersten Rückstellfeder 30 und somit die auf den ersten Ventilkolben 29 ausgeübte Zusatzkraft verändert.

#### Patentansprüche

1. Leistungsregelvorrichtung für eine Hydropumpe (3), deren Verdrängungsvolumen mittels einer Verstelleinrichtung (15) verstellbar ist mit einem in einer mit einem Hydraulikfluid-Tank (12) verbundenen Leistungsregelleitung (21) angeordneten Leistungsregelventil (22), das die Leistungsregelleitung (21) zu dem Hydraulikfluid-Tank (12) öffnet, wenn die von dem Druck stromaufwärts des Leistungsregelventils (22) erzeugte Stellkraft größer als eine Rückstellkraft ist, die die Verstelleinrichtung (15) mit zunehmender Verstellung in Richtung auf minimales Verdrängungsvolumen ( $V_{\min}$ ) auf das Leistungsregelventil (21) ausübt, und einem Steuerventil (25), welches in Abhängigkeit von der Differenz zwischen dem Arbeitsdruck in einer Arbeitsleitung (13) der Hydropumpe (3) und dem Druck stromaufwärts des Leistungsregelventils (22) die Verstelleinrichtung (15) mit Stelldruck beaufschlagt, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Steuerventil (25) mittels eines Stellglieds (31) mit einer variablen Zusatzkraft beaufschlagbar ist.
2. Leistungsregelvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Stellglied (31) ein Elektromagnet ist, insbesondere ein Proportionalmagnet, dessen Kraft dem erregenden elektrischen Strom proportional ist.
3. Leistungsregelvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Stellglied (31) gleichwirkend mit dem Druck in der Leistungsregelleitung (21) stromaufwärts des Leistungsregelventils (22) und entgegen dem Arbeitsdruck in der Arbeitsleitung (13) auf einen Ventilkolben (29) des Steuerventils (25) einwirkt.
4. Leistungsregelvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß eine Zulaufdrossel (34) in dem Steuerventil (25), insbesondere in dem Ventilkolben (29) des Steuerventils (25), integriert ist und die Leistungsregelleitung (21) mit der Arbeitsleitung (13) verbindet.
5. Leistungsregelvorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Zulaufdrossel (34) einen konstanten Öffnungsquerschnitt aufweist.
6. Leistungsregelvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der von dem Steuerventil (25) eingestellte Stelldruck von einem Förderstromregelventil (26) übersteuert wird.
7. Leistungsregelvorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Förderstromregelventil (26) in einer Stelldruckleitung (35) zwischen dem Steuerventil (25) und der Verstelleinrichtung (15) angeordnet ist.
8. Leistungsregelvorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Förderstromregelventil (26) den Stelldruck in Abhängigkeit von dem Druckgefälle an einer in der Arbeitsleitung (13) angeordneten Förderstromdrossel (14) übersteuert.
9. Ventilblock (50) für eine Leistungsregelvorrichtung mit einem ersten Ventilkolben (29) für ein Steuerventil (29), dessen erste Druckbeaufschlagungsfläche (66) an eine mit einem Arbeitsdruckanschluß (P) verbundene

erste Druckkammer (67) angrenzt und dessen Druckbeaufschlagungsfläche (69) an eine mit einem Leistungsregelanschluß ( $X_1$ ) verbundene zweite Druckkammer (68) angrenzt,

mit einem den ersten Ventilkolben (29) mit einer variablen Zusatzkraft beaufschlagenden Stellglied (31), und mit einer in dem Ventilblock (51) integrierten Zulaufdrossel (34), die den Arbeitsdruckanschluß (P) mit der zweiten Druckkammer (68) gedrosselt verbindet.

10. Ventilblock nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Zulaufdrossel (34) als eine in dem ersten Ventilkolben (29) integrierte Bohrung (75) ausgebildet ist.

11. Ventilblock nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Ventilkolben (29) eine erste Steuerkante (60) zum Verbinden des Arbeitsdruckanschlusses (P) mit einem Verbindungskanal (64) und eine zweite Steuerkante (63) zum Verbinden des Tankanschlusses (T) mit dem Verbindungskanal (64) aufweist.

12. Ventilblock nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Stellglied (31) ein Elektromagnet ist, der über einen Stößel (73) zusammen mit einer ersten Rückstellfeder (30) auf den ersten Ventilkolben (29) einwirkt.

13. Ventilblock nach Anspruch 11 oder 12, gekennzeichnet durch, einen zweiten Ventilkolben (76) für ein Förderstromregelventil (26), dessen erste Druckbeaufschlagungsfläche (89) an eine mit einem Arbeitsdruckanschluß (P) verbundene dritte Druckkammer (88) angrenzt und dessen zweite Druckbeaufschlagungsfläche (95) an eine mit einem Förderstromregelanschluß ( $X_2$ ) verbundene vierte Druckkammer (90) angrenzt.

14. Ventilblock nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Ventilkolben (76) eine erste Steuerkante (79) zum Verbinden des Arbeitsdruckanschlusses (P) mit einem Stelldruckanschluß (A) und eine zweite Steuerkante (82) zum Verbinden des Verbindungskanals (64) mit dem Stelldruckanschluß (A) aufweist.

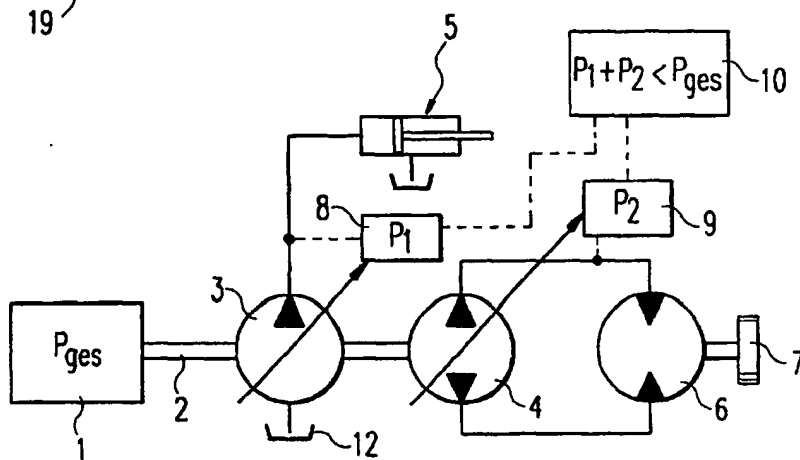
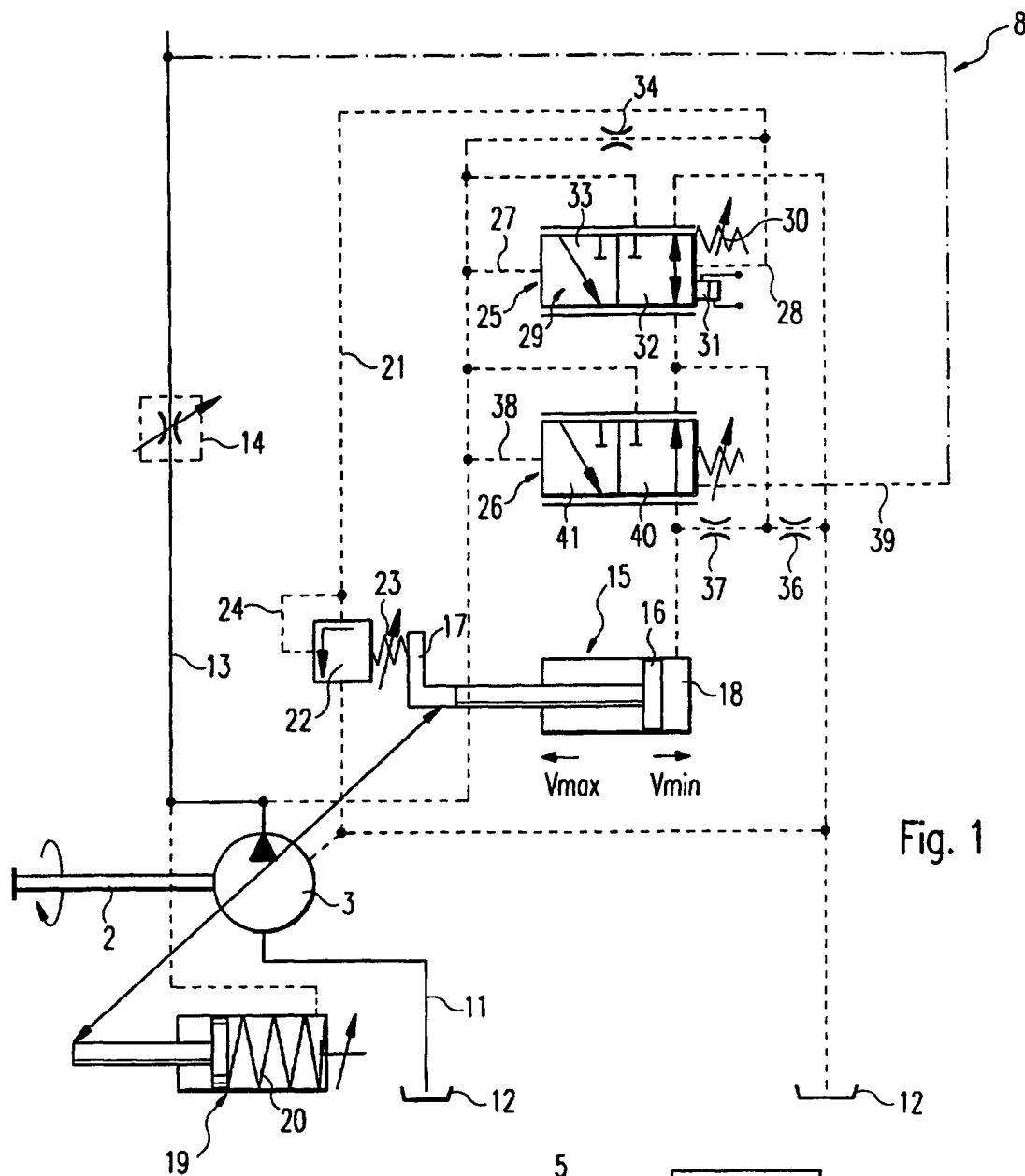
15. Ventilblock nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Stelldruckanschluß (A) über eine Entlastungsdrossel (37) mit dem Verbindungskanal (64) und der Verbindungskanal (64) über eine weitere Entlastungsdrossel (36) mit dem Tankanschluß (T) verbunden ist.

16. Ventilblock nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Ventilkolben (76) durch eine zweite Rückstellfeder (40) beaufschlagt ist, deren Vorspannung von außen einstellbar ist.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---



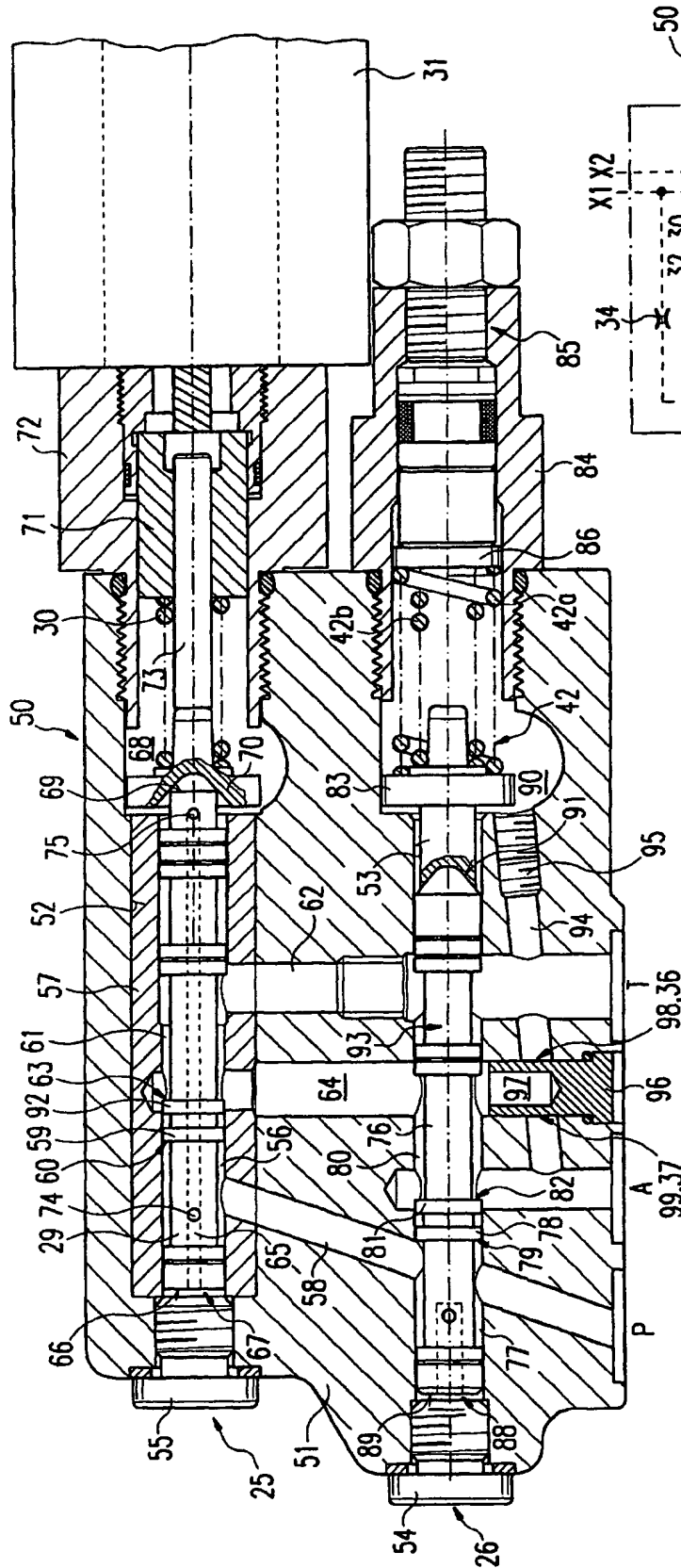


Fig. 2

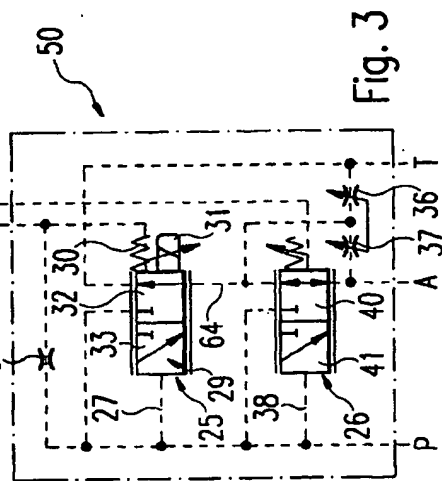


Fig. 3